

基于生态流量的数字创新生态系统演化模式

——人工智能行业的探索性研究

杨伟¹, 刘健²

(1. 杭州电子科技大学 管理学院, 杭州 310018; 2. 荷兰特温特大学 行为、管理与社会科学学院, 荷兰, 恩斯赫德 7500AE)

摘要:构建数字创新生态系统是数字经济时代企业获取竞争优势的重要途径,需要深入把握数字创新生态系统的演化特征与规律。本文将数字创新生态系统中的生态流量分为经济流、技术流和关系流,使用质性文本分析和探索性数据分析方法,对人工智能行业12家上市公司的数字创新生态系统进行了研究,识别了枢纽型数字创新生态系统的经济流主导演化模式和平台型数字创新生态系统的生态流转换演化模式。本文为研究数字创新生态系统演化提供了新的视角和分析框架,也为企业生态化战略实践提供了启示。

关键词:数字创新;创新生态系统;生态流;枢纽型;平台型

中图分类号:F270 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2021)09—0034—11

一、引言

随着信息技术的飞速发展,数字创新成为重要且普遍的现象(Nambisan et al, 2017)。数字创新具有高度的复杂性、动态性和边界模糊性。Facebook、Google、Amazon、阿里巴巴、腾讯等知名企业的成功经验表明,一个适宜的生态系统是企业实现数字创新并从中获取竞争优势的重要途径。如何构建数字创新生态系统也因此成为数字经济时代企业面临的重要现实问题。

正确认识数字创新生态系统形成和演化发展的规律是构建数字创新生态系统的基础,也是受到学者们广泛关注的研究议题(Isckia, 2010; Li, 2009; Tiwana et al, 2010; Basole 和 Karla, 2011; Rong et al, 2013; Jha et al, 2016; Lee 和 Kim, 2018; Chae, 2019; 欧阳桃花等, 2015; 胡海波和卢海涛, 2018)。其中, Li (2009) 使用1993—2005年的美国专利数据来说明思科的技术路线,提出了共生、平台和协同进化的含义。Jha et al (2016)分析了印度社会企业 eKutir 利用信息和通信技术(ICT)平台逐步建立一个经历了5个不同的阶段的生态系统以解决小农户贫穷,生态系统的每个阶段都扩大了参与行为者的数量和类型,扩大了通信技术支助服务的范围。企业和商业伙伴之间的关系对于商业成功变得越来越重要,多边合作伙伴之间协调发展(Adner, 2017),这样才能促进生态系统和个体的协同演化(Hannan 和 Freeman, 1977)。仅仅考虑单个企业的数字技术进步是不能完全理解这种演变的(Beltagui et al, 2020)。而大多数现有研究只是针对单个案例(如亚马逊、思科等)演化过程的描述,缺乏相对系统的分析框架,也没有在不同数字创新生态系统之间进行比较,从而制约了理论和实践界对数字创新生态系统演化规律的认识。

为了弥补上述研究不足,本文将数字创新生态系统分为枢纽型(hub-based)和平台型(platform-based)(Autio 和 Thmos, 2014),并响应 Shaw 和 Allen (2018)的倡议,基于生态流量分析两类数字创新生态系统的演化。本文将数字创新生态系统的流量分为经济流、技术流和关系流,以中国人工智能产业的12家上市公司为研究对象,识别了枢纽型数字创新生态系统的经济流主导演化和平台型数字创新生态系统的流量转换演化两种模式。后文首先概述本文的理论基础,然后是研究设计与研究结果,最后是讨论与结论。

收稿日期:2019—10—16

基金项目:国家自然科学基金面上项目“创新生态系统与互联网融合的自发演化及其适应性治理策略研究”(71673074);国家自然科学基金面上项目“‘互联网+’协同创新生态系统的组织模式与运行机制研究”(71874046);浙江省属高校基本科研业务费专项资金项目“制造业企业数字化转型的模式与路径研究”(GK199900299012-201)

作者简介:杨伟,博士,杭州电子科技大学管理学院教授,研究方向:数字创新;刘健,荷兰特温特大学行为、管理与社会科学学院博士研究生,研究方向:数字创新创业。

二、理论基础

(一)数字创新生态系统的内涵与类型

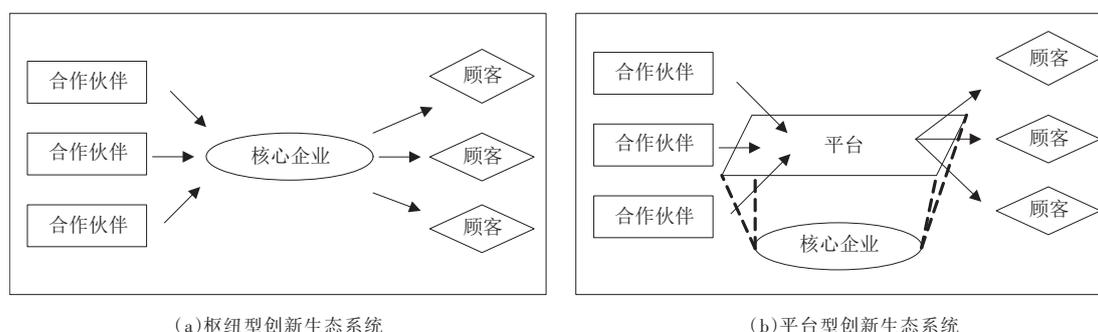
数字创新生态系统是数字创新和创新生态系统两个概念的结合(Chae, 2019),是创新生态系统在数字创新情境下的一种表现形式。创新生态系统是为了实现创新和价值创造而协同努力的异质性主体及其环境构成的系统(Gome et al, 2018; Adner, 2006)。Granstrand和Holgerson(2020)将创新生态系统界定为“由行动者、行为、制品、制度和关系(包括互补关系和替代关系)构成的,对一个或一群行动者创新绩效至关重要的不断演化的集合”。作为一种分析范式,创新生态系统理论强调创新主体之间、主体与环境之间的复杂关系(杨伟等, 2018; Dhanaraj和Parkhe, 2006; Russell和Smorodinskay, 2018)。

数字创新是指应用数字技术创造新的产品、业务流程或商业模式(Nambisan, 2018)。由于数字技术具有衍生性(Generativity)、汇聚性(Convergence)和异质性(Heterogeneity)等重要特征(Yoo et al, 2010),实施数字创新面临诸多挑战,需要新的组织逻辑和管理策略(Nylén和Holmström, 2015)。Nambisan et al(2017)指出,与传统的创新管理理论逻辑相比,数字创新过程更加松散、创新主体难以事先确定、创新过程与创新结果之间的界限更加模糊。鉴于数字创新的实施、管理和价值创造面临的挑战,构建创新生态系统成为重要的战略选择(Nambisan, 2018)。通过构建创新生态系统,核心企业和其他参与主体可以更加便捷的整合互补性资源,加速数字化产品、服务与商业模式创新;生态系统主体间的合作关系也有助于增强市场势力,以应对激烈的竞争(Nambisan, 2018; Weill和Woerner, 2015)。

具体而言,数字创新生态系统首先具备一般创新生态系统的特征,如复杂适应性、自组织性、开放性,也呈现出一些独特属性。一是创新主体的异质性更强。数字技术的汇聚性使得用户和不具备供应链关系的组织机构也在数字创新生态系统中扮演着重要的角色;二是资源的流动更加复杂。数字技术是数字创新生态系统重要的基础设施,有力地提升了创新过程中的信息处理和资源配置效率,使得创新资源的跨域流动和价值分配成为可能。正是由于创新主体异质性和资源流动变得更加复杂,相较于一般创新生态系统,数字创新生态系统的演化呈现出差异。Beltagui et al(2020)指出数字创新生态系统重在解释结合数字元件的创新企业之间跨行业的动态性合作和竞争,本文将以创新主体异质性和资源流动来阐述数字创新生态系统的动态性演化。

在数字创新生态系统中,核心企业扮演着生态系统驱动者(Ecosystem Drivers)的角色,他们通常掌握了数字创新的关键技术和核心资源,在整个系统中居主导地位。基于Autio和Thmos(2014)对创新生态系统的定义,根据核心企业发挥主导作用的方式,本文将数字创新生态系统分为枢纽型和平台型两类(图1)。

枢纽型数字创新生态系统中,核心企业扮演着枢纽的角色,合作伙伴和顾客等主体通过核心企业而相互联结。核心企业一方面通过供应链合作、研发外包等形式整合合作伙伴的互补性资产,进行数字产品或服务的开发;另一方面通过商品/服务交易将数字产品传递给顾客。在枢纽型创新生态系统基础上,又衍生出了平台型数字创新生态系统,即核心企业通过构建数字平台来整合创新生态系统的各类参与者(Tan et al, 2015)。其中,从技术层面看,数字平台是指可以增加第三方模块的可拓展的代码库;从社会技术系统的角度看,数字平台则是技术元素、组织过程和标准等的集合(Reuver et al, 2018)。刘学(2017)将平台定义为“供两(多)种需求各有不同但又相互依赖的不同客户群体进行互动的,由硬件、软件、管理服务体系、政策规则体系



(a) 枢纽型创新生态系统

(b) 平台型创新生态系统

图1 枢纽型和平台型数字创新生态系统

及交互界面等构成的基础架构”。

划分平台型和枢纽型两类数字创新生态系统具有积极的理论意义。一方面,在数字创新生态系统的现有研究中,存在“平台使能的生态系统(platform-enabled ecosystem)”(Jha et al, 2016)“平台生态系统(platform ecosystem)”(Inoue 和 Tsujimoto, 2018)“基于平台的生态系统(platform-based ecosystem)”(Helfat 和 Raubitschek, 2018)等多种概念。这些概念的核心都是强调平台在数字创新生态系统中的重要作用。本文对两类数字创新生态系统的划分,有助于更好地揭示平台与创新生态系统的关系,并实现概念的统一;另一方面,两类生态系统的资源流动方式存在较为明显的差异,平台型生态系统中资源流动更加去中心化,呈现多边网络结构。这一差异为本文进一步从生态流量视角解释生态系统演化模式提供了理论前提。

(二)数字创新生态系统的生态流量

在自然生态系统中,生态流量是物质、能量和信息的流动,是生态系统运行发展的根本动力(Jørgensen, 2013)。在创新生态系统的现有研究中,Shaw 和 Allen(2018)、Adner et al(2010)也开始将生态流量作为重要的分析视角。遵循这些学者的倡议,本文将生态流量纳入数字创新生态系统演化的分析框架,结合数字创新生态系统的特性,本文识别了3种关键流量:经济流、技术流和关系流(表1)。

表1 企业数字创新生态系统中生态流量的内涵与作用机理

生态流量	内涵	表现形式	作用机理
经济流	主体间直接的经济往来	商品或劳务的交易	满足企业盈利性的要求,为创新生态系统提供物质基础
技术流	主体间技术资源的流动	专利许可、研发外包、合作研发、共建实验室等	满足企业开展数字化创新所需的技术资源
关系流	主体间关系性资源的交互	战略合作框架,政治关联等	满足企业实现数字创新扩散和长远发展所需的社会资本

经济流是企业数字创新生态系统中主体之间通过产品或服务交易而产生的货币化流量。在表现形式上,除了基本的市场交易行为,还体现为联合营销、联合生产、共享市场等各种经济合作关系(Bönte 和 Keilbach, 2005)。企业自身的盈利性要求和数字创新以实现商业价值为主要目的都意味着经济流是企业数字创新生态系统的基础性流量。

技术流是企业数字创新生态系统中技术资源的流动,表现为专利许可、研发外包、技术合作研发、共建科研实验室等技术合作。随着开放式创新范式的兴起,从外部获取技术资源成为企业创新的重要动力。在数字创新过程中,开源等形式更是极大地拓展了技术资源的外部获取范围。因此,技术流是企业数字创新生态系统区别于其他类型商业生态系统的关键性流量。

关系流是数字创新生态系统中关系资本的流动。狭义上的“关系(Guanxi)”是指主要盛行于中国等亚洲国家的类似与亲情关系的“圈子”(周雪光, 2005)。广义上的“关系”则是一种社会资本,它建立在信任、互惠、回报等行为准则基础上(翟学伟, 2009),着眼于未来的长期利益,不拘泥与当下的一时得失。除了一般意义上的战略合作框架之外,政治关联是数字创新生态系统中较为特殊的关系流(Youndt et al, 2004),政治关联即能够增加企业创新数量,还有利于提升企业创新质量;政治关联资源获取、产权保护和风险规避三类机制促进企业创新(熊家财和桂荷发, 2020)。数字创新往往涉及新兴市场和产业领域,政府可以通过政策支持和资源整合的方式改善数字创新的生态环境。某种程度上,与各级政府的合作具有一定的“背书”作用,有助于新产品的市场推广。

生态系统观点的重要性不在于单个生物体,而在于系统中资源如何流动及其扮演的角色。这对于系统演化尤其重要,因为资源循环是生态系统的—个主要特征,正是资源的再循环赋予了生态系统特性(Shaw 和 Allen, 2018)。相应的,生态流量是数字创新生态系统演化的根本驱动力。生态流量本质上反映了数字创新生态系统主体之间物质、技术和关系资源的流动,是单个创新主体生存和发展的必备资源,也是维系整个数字创新生态系统运行的基础。Adner(2017)指出生态系统的成员之间有明确的活动及其附属的资源流动,参与主体需要调动资源实现系统演化达到最终的状态和目标(如一个至少暂时达到帕累托均衡的生态系统)。正是这些资源的交互,推动着数字创新生态系统的成长、成熟和更新。因此,生态流量为分析数字创新生态系统的演化提供了新的视角和分析工具。

三、研究设计

(一)样本选择与数据收集过程

本文选择人工智能领域上市公司的创新生态系统作为研究对象。人工智能是数字创新的前沿领域(梅

亮等,2018;吕文晶等,2018;Fisher et al,2007),以此类公司为对象研究其创新生态系统的演化具有较好的代表性。由于目前并没有针对人工智能产业的详细分类标准和判别依据,本文首先收集了“同花顺”证券分析平台提供的“人工智能概念股”名单,共31家上市公司。然后对其主营业务进行深入分析,剔除了人工智能业务量较少或关联不紧密的公司,保留了12家企业作为分析对象。根据前文所述的定义,本文进一步将这12家企业的创新生态系统分为平台型和非平台型两类。其中,平台型创新生态系统依据该企业是否具有技术开发平台为准则进行判别。

在确定了样本后,本文使用信息采集软件下载了公司官方网站上与公司相关的新闻报道,并从中筛选出反映合作事件的新闻。对于上市公司而言,自主发布新闻报道是反映公司战略、行为和创新活动的重要数据来源(Fisher et al,2007;Gök et al,2015)。在这些新闻报道中,一类重要的内容是反映企业与机构合作事件的新闻,这些新闻为我们识别数字创新生态系统主体间的合作关系和生态流量提供了重要的事实数据。

具体的,本文借鉴Gök et al(2017)的方法,通过对新闻标题的关键词进行布尔代数运算来识别合作新闻。由于中文同义转换的关系,在整理相关词集时需要将近义词归纳完整。最后在已经取并集关系的新闻中,整理出删除词集,对无效新闻进行排除,最终确定出关键词组见表2,对所有新闻内容进行判别。由于企业新闻对业务的描述有着自己的风格。因此在新闻筛选过程中需要不断修复关键词集并对企业新闻进行重复清洗(Gök et al,2017)。

通过数据筛选与清洗,最终得到新闻合作数目共计1641条,分布情况与新闻起止年份在表3中呈现,并根据公司年报与官网信息归纳整理出12家核心企业的业务情况与数字创新生态系统概况。

表2 新闻文本筛选的布尔代数词集

序号	关键词组	与先前词集的区别	关键词的近义词
词集1	合作		合作
词集2	合作U助力	词集1+(助力)	助力、携手、联手、牵手、共同
词集3	合作U助力U中标	词集2+(携手)	中标、合同、项目、承建
词集4	合作U助力U中标U签订	词集3+(中标)	签订、签约、协议
词集5	合作U助力U中标U签订U大学	词集4+(签订)	大学、学院、联盟、实验室、科研院所
词集6	合作U助力U中标U签订U大学U“边缘词”	词集5+(边缘词)	合资成立、服务、保障、捍卫、推动、进驻、入驻、贡献、采用、案例、解决方案
词集7	合作U助力U中标U签订U大学U“边缘词”∅会议	词集6-(会议)	会议、论坛、峰会、大会、莅临检查

注:词集取并集(U)是在原始新闻中不断增加合作新闻的筛选数目,并逐步对词集库进行完备性归纳整理。但因为新闻编辑会出现风格不一的情况,需要对相关无效数据进行清理。因此取不包括(∅)将无关数据清洗,最终观察有效新闻。(+)表示新增加某词集,(-)表示剔除某词集。

表3 研究样本

枢纽型数字创新生态系统				
序号	核心企业与主营业务	数字创新生态系统概况	观测时间	合作事件总数
1	航天信息:以税务、政务、公安、交通、金融、广电、教育等行业的信息化为主营业领域,以销售软件和系统集成服务为主营业务模式	以金税系统、智能交通产品和金融支付产品等为核心的数字创新生态系统,合作伙伴包括阿里、中石油、麦当劳等大型企业,以及逾1300万客户	2002—2018年	271
2	紫光股份:以IT基础架构产品服务及解决方案及IT产品分销与供应链服务为主营业务	在“云服务”战略指导和“云—网—端”的产业链布局下,形成了基本覆盖IT服务主要领域的全产业链业务体系,助力各行业实现数字化转型,打造深度融合的新IT生态圈	2002—2018年	100
3	东华软件:专以综合性行业应用软件开发、计算机信息系统集成和信息技术服务为主营业务	形成面向医疗、金融、电力、政府、通讯、运输物流等行业的数字化转型与服务支持的创新生态系统	2005—2018年	144
4	拓尔思:以软件产品研发,行业应用系统解决方案和大数据云服务为主营业务	基于人工智能的知识发现应用和数据采集分析云服务,面向政府、科研、媒体、教育、电信、金融、能源等行业和领域的创新生态系统	2006—2018年	138
5	思创医惠:以数字卫生、智慧医疗信息化应用、数字化零售和物联科技方案为主营业务	以医疗信息集成共享和医疗信息化建设为核心的创新生态系统,已有合作医院1000多家	2010—2018年	32
6	汇顶科技:基于芯片设计和软件开发的整体应用解决方案提供商	定位移动智能终端市场,形成包括华为、OPPO、vivo、小米、Samsung、Amazon、Dell、LG等合作伙伴的创新生态系统	2012—2018年	54
平台型数字创新生态系统				
序号	核心企业与主营业务	数字创新生态系统概况	观测时间	合作事件总数
1	科大讯飞:以智能语音技术为核心,以教育、政法、医疗、汽车等领域的人工智能产品和服务为主营业务	以讯飞语音开放平台为基础的数字创新生态系统,平台上聚合了海量的用户、创业者及大众、农业银行、301医院等企业和机构合作者	2012—2018年	106
2	海康威视:主营业务包括安防业务,可视化业务和大数据服务器业务	以全球化视频云服务平台——萤石云为基础的数字创新生态系统,实现设备与用户、设备与设备之间的互联互通,高效实现设备的互联网化	2008—2018年	94

续表

3	四维图新:主营业务包括导航地图、动态交通信息、乘用车和商用车车联网解决方案及位置大数据服务领域	以 Mine Data 位置大数据平台为基础的数字创新生态系统,助力企业及个人实现地图数字化转型业务	2008—2018 年	51
4	汉王科技:主要涉及智能终端产品、笔触控与轨迹、大数据、人脸及生物特征识别等领域	以汉王识别云平台为基础的数字创新生态系统,提供文字图像识别和转化服务,已有金融、保险、医疗等领域的客户企业近万家	2006—2018 年	49
5	中兴通讯:以无线基站与核心网、大数据、云计算、数据中心、智慧城市,以及航空、城市轨道交通信号传输设备等为主营业务	形成以“知识库”为核心平台的创新生态系统,实现中兴员工、运营商、个人用户与多厂商用户之间技术知识开放获取	2009—2018 年	565
6	中科创达:移动智能终端操作系统产品的研发、销售及提供相关技术服务	以 ThunderApp 移动应用平台为基础的创新生态系统,通过云端协同技术实现跨平台移动应用开发、测试、发布、管理和运营的全生命周期管理	2011—2018 年	37

(二) 编码

本文运用质性文本主题分析的方法(库卡茨,2017)识别各案例中的生态流。反映样本企业合作事件的新闻报道中,会对合作的内容进行概述,从中可以识别出合作所产生的生态流量。由于技术流和关系流难以完全量化,本文用流量发生的次数测度生态系统中相应流量的值。

根据 Weber(2019)的建议,首先进行测试编码。以随机选取的 500 条合作新闻(约占新闻样本的 30%)为测试编码样本,由 3 名研究人员通读文本并分类,给重要的新闻做好标记,并写备忘录以供讨论。然后基于讨论的结果创建经济流、技术流与关系流 3 种主要的主题类目及子类目(表 4),并运用这些主题类目和子类目对所有合作新闻进行背对背编码。最后对有分歧的合作事件进行讨论,完善修订编码。最终对合作新闻编码的信度达到 97%。

表 4 生态流量编码表

主题类目	子类目	文本实例
经济流	产品合作	科大讯飞为徽商银行定制“声纹+人脸”融合认证个人转账应用。通过该应用,用户只需说出类似“我要给 XXX(姓名)转 XXX 元(金额)”这样的指令,再通过“声纹+人脸”相结合的融合生物认证,就可以非常方便、安全的完成转账操作
	服务合作	思创医惠的移动护理系统、护理管理系统、全院医疗物联网项目、移动输液、医疗废弃物管理系统、药品药物流平台等系列产品,全面提升宁波市第四人民医院的精细化管理水平
技术流	技术许可	海康威视与智能视频分析领域的全球领先企业 Object Video 签署一份全球性非独占专利许可协议
	合作研发	科大讯飞与同济大学共建“脑智同飞联合研究中心”,将围绕人工智能领域开展“脑与脊髓相关科学领域的认知障碍、麻醉、运动障碍”等前瞻核心技术的研发工作
关系流	政治关联	海康威视将在西安市内投资建设“海康威视西北研发基地”项目,规划办公面积约为 20 万平方米。西安市政府通过资金补贴等形式推动物联网产业集聚及物联网应用能力提升
	战略框架	东华软件与趋势科技签订战略性行业合作协议。双方将在国内全面开展战略合作,为医疗、金融、运营商和政府等行业用户提供更安全的服务,利用战略性合作共同帮助终端用户应对不断演化的网络威胁

(三) 数据分析

完成编码之后,逐年统计了 12 家样本企业的三类生态流量,通过探索性数据分析和典型案例的纵贯研究(Longitudinal Study)来揭示枢纽型和平台型数字创新生态系统的演化模式。

在统计分析阶段,本文先对两类数字创新生态系统生态流量的总体构成进行了列联表分析,以检验两类生态系统在流量构成上是否存在显著差异。在此基础上,本文对两类生态系统演化过程中生态流量的动态变化进行了探索性数据分析,通过计算每个样本各类生态流量的变化速度如式(1),来识别不同类型企业数字创新生态系统演化的特征与模式。

$$S_i = \frac{F_{it} - F_{i0}}{N} \quad (1)$$

其中: S_i 为一个数字创新生态系统第 i 种生态流量的变化速度; F_{i0} 为第 i 种生态流量第 0 年的值; F_{it} 为第 i 种生态流量第 t 年的值, $t > 0$; N 为 t 和 0 之间间隔的年份数。

在上述探索性数据分析基础上,对航天信息和科大讯飞两个典型的企业数字创新生态系统演化的历程进行了纵贯分析。其中,航天信息代表非平台型企业数字创新生态系统,科大讯飞代表平台型企业数字生态系统。

综合上述分析,本文识别了枢纽型数字创新生态系统具有的经济流主导演化模式和平台型数字创新生态系统具有的流量转换演化模式。后文将对研究结果进行具体的分析和讨论。

四、研究结果分析与讨论

在对两类企业数字创新生态系统的生态流量构成进行编码和统计后,可以看出,两类生态系统的生态流量构成存在差异。为了检验这一差异是否显著,本文使用SPSS 24进行列联表分析,结果显示,生态流量类型和创新生态系统类型显著关联(表5)。具体的,枢纽型数字创新生态系统中,经济流的比重显著高于平台型数字创新生态系统;而平台型数字创新生态系统的技术流和关系流比重显著高于枢纽型数字创新生态系统。

基于上述列联表分析结果,本文进一步对两类创新生态系统的生态流量变化速度进行探索性分析,发现两类数字创新生态系统的流量演化有着较为明显的差异。围绕不同类型数字创新生态系统及其差异化的流量演化特征,本文最终识别了两种演化模式:枢纽型数字创新生态系统的经济流主导演化和平台型数字创新生态系统的流量转换演化。

(一)枢纽型数字创新生态系统:经济流主导演化

由表6可见,枢纽型数字创新生态系统的演化呈现出经济流主导的特征。从总量来看,经济流最强,技术流最弱,从增长速度来看,在整个观测期内,经济流也一直保持着远高于技术流和关系流的增长速度。

对以航天信息为核心企业的数字创新生态系统演化过程的分析更加深入和清晰地展示了经济流主导演化的特点(图2)。航天信息公司重点聚焦IT民用领域,涉及政府及行业信息化,采用“产品+服务”的商业模式开展金税工程及企业市场业务、金融电子支付及服务业务和物联网技术及应用业务。航天信息数字创新生态系统扩张成长的过程中,经济流贯穿全程且一直保持着绝对主导地位。

表5 生态流量类型和创新生态系统类型的列联表分析

类型	经济流	技术流	关系流	合计
枢纽型数字创新生态系统	633(79%)	28(3.63%)	127(15.91%)	798
平台型数字创新生态系统	415(49.4%)	167(19.88%)	258(30.71%)	840
合计	1048	195	395	1638

$\chi^2=180.537, df=2, p=0.000$

注:括号内数值为各生态流占总体生态流的比重。

表6 枢纽型数字创新生态系统的生态流量变化速度

核心企业	时间阶段	经济流		技术流		关系流	
		总量	增速	总量	增速	总量	增速
航天信息	2002—2018年	205	12.81	6	0.38	65	4.06
紫光股份	2002—2018年	65	4.06	7	0.44	27	1.69
东华软件	2005—2018年	154	11.85	7	0.54	20	1.54
拓尔思	2006—2018年	141	11.75	3	0.25	12	1
思创医惠	2010—2018年	24	3	3	0.38	5	0.63
汇顶科技	2012—2018年	44	7.33	4	0.33	8	1.33

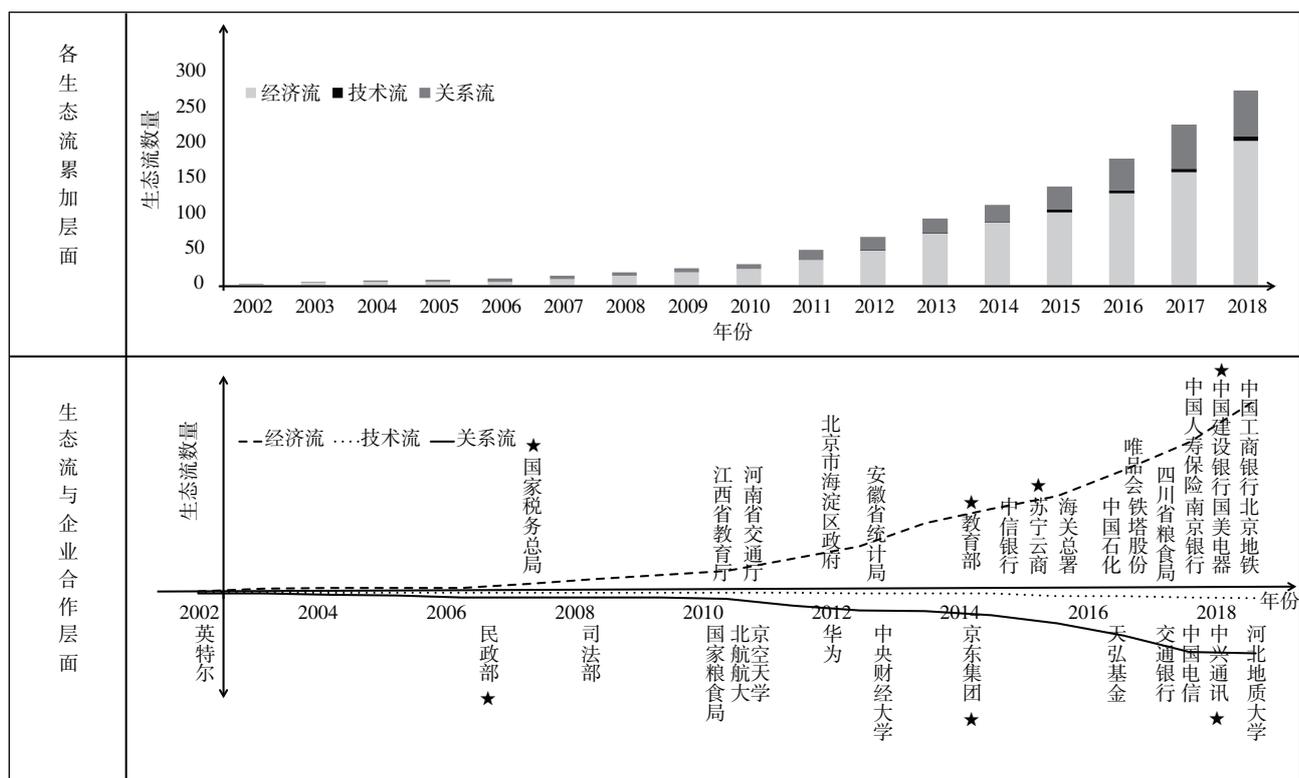


图2 基于生态流量的航天信息数字创新生态系统演化过程

在数字创新生态系统建立前期,国家税务总局在全国范围内恢复推行增值税防伪税控开票子系统,航天信息与国家税务总局形成稳固的经济合作关系,在全国范围内不断推广防伪税控开票系统,随后经济流不断涌入,为数字创新生态系统奠定发展基础。在系统成长的中后期,通过推出新税务系统与消费者继续保持经济合作,与成长前期不同的是,中后期的合作对象不仅限于税务部门,开始转向与互联网企业(如苏宁云商)等合作,经济流不断扩大领域进行扩张,依旧占据主导流量。在生态系统成长中后期,技术流与关系流开始显现,但系统成长对这两类生态流需求较低,与京东、天弘基金合作完善新型税务系统,与华为、中兴等达成战略合作对数字技术进行升级。经济流自始至终是枢纽型数字创新生态系统生存与成长的最主要生态流量。

(二)平台型数字创新生态系统:生态流转换演化

在表 7 中,中兴通讯等为核心企业的 6 家平台型数字创新生态系统的演化则呈现出生态流量转换的特征。通过探索性数据分析可以发现,平台型数字创新生态系统的演化可以分为两个阶段:第一个阶段是经济流为主导的阶段,经济流的总量和增速都较强;第二个阶段技术和关系流的总量和增速则出现了非常明显的上升,尤其是关系流上升幅度较大。因此,对平台型数字创新生态系统而言,演化过程中占主导地位生态流量呈现从经济流向技术/关系流转换的特点。

对以科大讯飞为核心企业的数字创新生态系统演化过程的分析更加深入和清晰地展示了生态流量转换演化的特点(图 3)。

表 7 平台型数字创新生态系统的生态流量变化速度

核心企业	时间阶段	经济流		技术流		关系流	
		总量	增速	总量	增速	总量	增速
中兴通讯	2009—2013 年	162	35	24	5.75	25	6.25
	2013—2018 年	147	29.4	98	19.6	109	21.8
科大讯飞	2012—2015 年	26	8.67	7	2.33	20	6.67
	2015—2018 年	8	2.67	12	4	30	10
四维图新	2008—2014 年	12	2	0	0	9	1.5
	2014—2018 年	6	1.5	1	0.25	19	4.75
海康威视	2008—2013 年	30	6	1	0.2	9	1.8
	2013—2018 年	16	3.2	13	2.6	26	5
中科创达	2011—2014 年	6	0.5	0	0	1	0.25
	2014—2018 年	11	2.75	11	2.75	8	2
汉王科技	2006—2009 年	12	1	2	0	6	0.33
	2009—2018 年	16	1.78	1	0.11	12	1.33

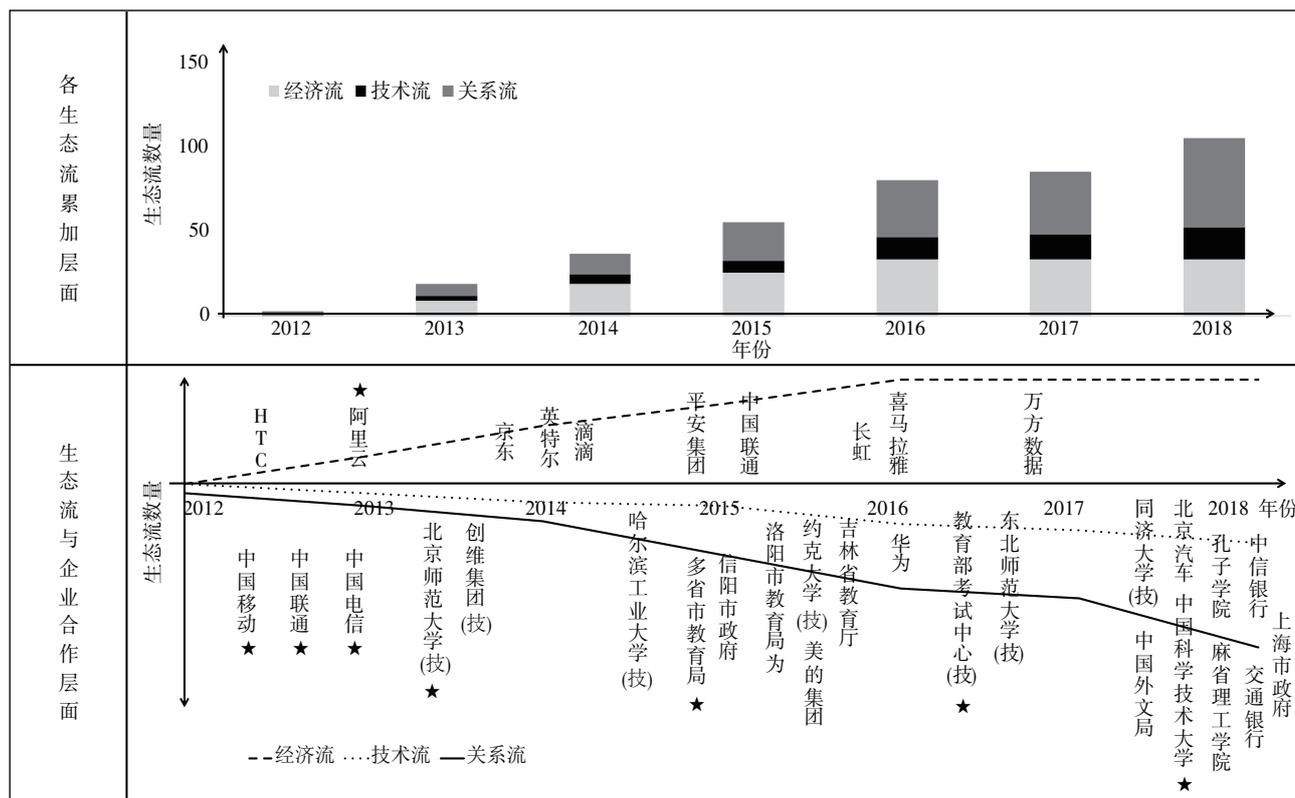


图 3 基于生态流量的科大讯飞数字创新生态系统演化

科大讯飞成立于1999年,2008年成功上市,成为中国语音产业界唯一上市企业。2010年科大讯飞发布全球首个移动互联网智能语音交互平台——“讯飞语音云”,2015年科大讯飞重新定义了万物互联时代的人机交互标准,发布了对人工智能产业具有里程碑意义的人机交互界面——AIUI,以科大讯飞为中心的人工智能生态系统逐步形成。在此过程中,存在主导性生态流量由经济流向技术流和关系流转换的特点。

科大讯飞数字创新生态系统发展前期,以销售教育产品为主,从安徽市场逐步走向全国,经济流为创新生态系统的形成奠定必要的资金基础。在创新生态系统发展中期,科大讯飞开放平台面向移动互联网的广大创业者和海量用户提供智能语音开发与服务能力,逐步形成以讯飞语音云技术开放平台为基础、集聚众多开发者创业者和用户的生态圈。在平台建立之后,形成了一系列生态系统中的共生现象。形成了与三大运营商全面战略合作的格局,同时在语音技术方面与滴滴、歌华有线等建立较为密切的合作关系,技术流和关系流显著上升。此后,科大讯飞深度布局人工智能,落实“讯飞超脑”计划,建立人工智能国家重点实验室和人机交互平台AIUI,与众多企业、高校、科研机构 and 地方政府开展合作,技术流和关系流迅速增长,数字创新生态系统也快速成长。

(三)两种演化模式的理论解释

本文认为,枢纽型和平台型两类创新生态系统所呈现出的不同演化模式,实质上反映了两类生态系统固有特征与不同类型生态流量作用间的匹配关系。

在枢纽型数字创新生态系统中,核心企业主导开发相应的数字创新产品或服务,并以市场交易为基础与其他创新主体开展合作,经济流维系着核心企业及其合作伙伴的生存发展,也是激励核心企业进行数字创新的主要动力。相比较而言,此类创新生态系统对于技术和关系资源的需求相对较低。因此,枢纽型数字创新生态系统的演化,呈现出经济流主导的特征。

在平台型数字创新生态系统中,平台是维系整个生态系统运行和整合各类资源的基础设施。平台的形成和发展首先离不开相应的物质基础。因此同样需要一定强度的经济流。但随着平台规模的扩张和复杂程度的提高,对技术和关系资源的需求也大幅上升,相应的技术和关系流也出现了较为显著的增长。相应的,分析这6家企业的发展历程可以发现,主导流量的转折点往往是平台进入快速发展的时期。

五、结论

生态系统的形成和发展在企业数字创新过程中扮演着关键性作用。本文以人工智能领域的12家上市公司为分析对象,从生态流量视角出发,对枢纽型和平台型两类数字创新生态系统的演化特征进行了分析。研究得到如下结论:①枢纽型数字创新生态系统的演化呈经济流量主导的特征,即核心企业主要通过与其他主体的市场交易来获取物质资源,实现创新扩散和创新生态系统的扩张;②平台型数字创新生态系统则呈现出流量转换演化的特点,即平台形成之前和建设初期,核心企业也以获取经济流量为主,但随着平台逐渐成熟,技术和关系流量逐渐成为主导流量。

本文对于数字创新生态系统演化的理论研究有着积极的意义。首先,本文将生态流量作为分析数字创新生态系统演化的核心要素,有助于形成相对系统的分析框架。数字创新生态系统演化虽然受到众多学者的关注(Isckia, 2010; Li, 2009; Tiwana et al, 2010; Basole 和 Karla, 2011; Rong et al, 2013; Jha et al, 2016; Lee 和 Kim, 2018; Chae, 2019),但仍以针对个案的描述性研究为主,并未形成一个统一的分析框架。本文认为,尽管每个具体的数字创新生态系统都有其特殊性,但各类资源要素的流动是所有生态系统具有的共性特征。因此,本文围绕经济流、技术流和关系流三类基本流量,从流量的总体构成和动态变化角度分析数字创新生态系统的演化特征,为进一步构建数字创新生态系统演化分析框架提供了基础。更进一步,创新生态系统既是当前的研究热点,也是一个饱受争议的概念(Oh et al, 2016)。Shaw 和 Allen(2018)认为应当更多的借鉴生态学理论研究创新生态系统。流量循环是自然生态系统研究的重点内容,但在创新生态系统研究中还没有得到充分体现。本文也有助于深化自然生态理论在创新生态研究中的应用。

其次,本文识别了枢纽型和平台型两类数字创新生态系统所具有的不同的演化模式,丰富了对数字创新生态系统演化规律的认识。早期的研究中,Moore(1993)提出的生命周期模型将商业生态系统的演化划分为初创、成长、权威和自我更新阶段,为创新生态系统演化分析提供了一个一般性的框架。后续的研究中,学者们对思科(Li, 2009),亚马逊(Isckia, 2010)和eKutir(Jha et al, 2016)等平台型创新生态系统的演化进行了分

析,较为详尽的描述了案例企业创新生态系统演化的具体过程。因此,现有研究在高度一般化的理论模型和高度具体化的个案描述之间存在理论断层,不能全面揭示数字创新生态系统的演化特征。本文在区分枢纽型和平台型数字创新生态系统的基础上,引入生态流量概念,识别了经济流主导和流量转换两种演化模式,有助于弥补现有研究的不足。

本文对数字创新生态系统构建与运行实践具有积极的启示意义。数字经济时代,构建生态系统已成为企业开展数字创新和获取竞争优势的重要途径。对企业而言,构建枢纽型或平台型数字创新生态系统是一个重要的战略选择,但战略选择后的具体实现路径则需要考虑本文对演化模式的分析结果。对于力图构建枢纽型数字创新生态系统的企业而言,应当将引入和壮大经济流作为重点,加强产品和服务开发,不断拓展市场,形成更多的交易合作伙伴。对于力图构建平台型数字创新生态系统的企业而言,应当重点关注生态流量的多样性均衡和动态转换。在平台建设初期,需要重点关注产品和服务的经济效益,保证有足够的经济流来维系生态系统;在平台形成之后,则需要与高校、科研机构等主体建立更加广泛的合作关系,通过合作研发等方式强化技术流,同时着眼于长远利益和未来发展,与政府和大型组织机构开展战略性合作,形成更加强大的关系流,促进平台整合效应的形成。

作为一项探索性研究,本文还存在诸多局限之处,也成为后续研究的重要方向。首先,受限于数据的可获得性,本文对生态流量的识别和分析还较为粗糙。后续研究可以进一步整合多种来源的数据,尝试引入自然生态系统的流量分析工具,对其动态演化规律进行深度刻画。其次,本文仅对两种演化模式的成因进行了初步的理论分析,后续研究将进一步提炼数字创新生态系统类型与流量构成之间的因果机制,开展实证研究。

参考文献

- [1] 胡海波, 卢海涛, 2018. 企业商业生态系统演化中价值共创研究——数字化赋能视角[J]. 经济管理, 40(8): 57-73.
- [2] 库卡茨, 2017. 质性文本分析: 方法, 实践与软件使用指南[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 36-56.
- [3] JØRGENSEN S E, 2013. 系统生态学导论[M]. 陆健健译. 北京: 高等教育出版社.
- [4] 刘学, 2017. 重构平台与生态: 谁能掌控未来[M]. 北京: 北京大学出版社.
- [5] 吕文晶, 徐丽, 刘进, 等, 2018. 中国人工智能研究的十年回顾——基于2008—2017年间文献计量和知识图谱分析[J]. 技术经济, 37(10): 73-78, 116.
- [6] 梅亮, 陈劲, 吴欣桐, 2018. 责任式创新范式下的新兴技术创新治理解析——以人工智能为例[J]. 技术经济, 37(1): 1-7, 43.
- [7] 欧阳桃花, 胡京波, 李洋, 等, 2015. DFH小卫星复杂产品创新生态系统的动态演化研究: 战略逻辑和组织合作适配性视角[J]. 管理学报, 12(4): 546-557.
- [8] WEBER R P, 2019. 内容分析法导论(第二版)[M]. 上海: 格致出版社/上海人民出版社, 89-103.
- [9] 熊家财, 桂荷发, 2020. 政治关联与企业创新: 来自PSM的证据[J]. 科研管理(7): 11-19.
- [10] 杨伟, 周青, 郑登攀, 2018. “互联网+”创新生态系统: 内涵特征与形成机理[J]. 技术经济, 37(7): 10-15.
- [11] 翟学伟, 2009. 是“关系”, 还是社会资本[J]. 社会, 29(1): 109-121.
- [12] 周雪光, 2005. “关系产权”: 产权制度的一个社会学解释[J]. 社会学研究(2): 1-32.
- [13] ADNER R, 2006. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem [J]. Harvard Business Review, 84(4): 98-109.
- [14] ADNER R, 2017. Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy [J]. Journal of Management, 43(1): 39-58.
- [15] ADNER R, KAPOOR R, 2010. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations [J]. Strategic Management Journal, 31(3): 306-333.
- [16] AUTIO E, THMOS L, 2014. Innovation ecosystems: Implications for innovation management [M]. Dodgson, M, Gann, D. M, Phillips, N. The Oxford Handbook of Innovation Management, Oxford University Press.
- [17] BASOLE R C, KARLA J, 2011. On the evolution of mobile platform ecosystem structure and strategy [J]. Business & Information Systems Engineering, 3(5): 313-322.
- [18] BELTAGUI A, AINURUL R, MARINA C, 2020. Exaptation in a digital innovation ecosystem: The disruptive impacts of 3D printing [J]. Research Policy, 49(1): 1-16.
- [19] BÖNTE W, KEILBACH M, 2005. Concubinage or marriage? Informal and formal cooperations for innovation [J]. International Journal of Industrial Organization, 23(3-4): 279-302.
- [20] CHAE B K, 2019. A general framework for studying the evolution of the digital innovation ecosystem: The case of big data [J]. International Journal of Information Management, 45: 83-94.
- [21] DHANARAJ C, PARKHE A, 2006. Orchestrating innovation networks [J]. Academy of Management Review, 31(3):

- 659-669.
- [22] FISHER J, CRAIG A, BENTLEY J, 2007. Moving from a web presence to e-commerce: The importance of a business-web strategy for small-business owners[J]. *Electronic Markets*, 17(4): 253-262.
- [23] GÖK A, WATERWORTH A, SHAPIRA P, 2015. Use of web mining in studying innovation[J]. *Scientometrics*, 102(1): 653-671.
- [24] GOMES L A V, FACIN A L, SALERNO M S, et al, 2018. Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 30-48.
- [25] GRANSTRAND O, HOLGERSSON M, 2020. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition [J]. *Technovation*, 90: 1-12.
- [26] HANNAN M T, FREEMAN J, 1977. The population ecology of organizations[J]. *American Journal of Sociology*, 82(5): 929-964.
- [27] HELFAT C E, RAUBITSCHKE R S, 2018. Dynamic and integrative capabilities for profiting from innovation in digital platform-based ecosystems[J]. *Research Policy*, 47(8): 1391-1399.
- [28] INOUE Y, TSUJIMOTO M, 2018. New market development of platform ecosystems: A case study of the Nintendo Wii[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 235-253.
- [29] ISCKIA T, 2010. Amazon's evolving ecosystem: A cyber-bookstore and application service provider[J]. *Canadian Journal of Administrative Sciences*, 26(4): 332-343.
- [30] JHA S K, PINSONNEAULT A, DUBÉ L, 2016. The evolution of an ICT platform-enabled ecosystem for poverty alleviation: The case of eKutir[J]. *MIS Quarterly*, 40(2): 431-445.
- [31] LEE C, KIM H, 2018. The evolutionary trajectory of an ICT ecosystem: A network analysis based on media users' data[J]. *Information & Management*, 55(6): 795-805.
- [32] LI Y R, 2009. The technological roadmap of Cisco's business ecosystem[J]. *Technovation*, 29(5): 379-386.
- [33] MOORE J F, 1993. Predators and prey: A new ecology of competition[J]. *Harvard Business Review*, 71(3): 75-86.
- [34] NAMBIAN S, 2018. Architecture vs. ecosystem perspectives: Reflections on digital innovation [J]. *Information and Organization*, 28(2): 104-106.
- [35] NAMBIAN S, LYYTINEN K, MAJCHRZAK A, et al, 2017. Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world[J]. *MIS Quarterly*, 2017, 41(1): 223-238.
- [36] NYLÉN D, HOLMSTRÖM J, 2015. Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation[J]. *Business Horizons*, 58(1): 57-67.
- [37] OH D S, PHILLIPS F, PARK S, et al, 2016. Innovation ecosystems: A critical examination[J]. *Technovation*, 54: 1-6.
- [38] REUVER M, SØRENSEN C, BASOLE R C, 2018. The digital platform: A research agenda[J]. *Journal of Information Technology*, 33(2), 124-135.
- [39] RONG K, LIN Y, SHI Y, et al, 2013. Linking business ecosystem lifecycle with platform strategy: A triple view of technology, application and organization[J]. *International Journal of Technology Management*, 62(1): 75-94.
- [40] RUSSELL M G, SMORODINSKAYA N V, 2018. Leveraging complexity for ecosystemic innovation [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 114-131.
- [41] SHAW D R, ALLEN T, 2018. Studying innovation ecosystems using ecology theory [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 88-102.
- [42] TAN B, PAN S L, LU X, et al, 2015. The role of IS capabilities in the development of multi-sided platforms: The digital ecosystem strategy of Alibaba.com[J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 16(4): 248-280.
- [43] TIWANA A, KONSZYNSKI B, BUSH A A, 2010. Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics[J]. *Information Systems Research*, 21(4), 675-687.
- [44] WEILL P, WOERNER S L, 2015. Thriving in an increasingly digital ecosystem [J]. *MIT Sloan Management Review*, 56(4): 27-34.
- [45] YOO Y, HENFRIDSSON O, LYYTINEN K, 2010. The new organizing logic of digital innovation: An agenda for information systems research[J]. *Information systems research*, 21(4): 724-735.
- [46] YOUNDT M A, SUBRAMANIAM M, SNELL S A, 2004. Intellectual capital profiles: An examination of investments and returns[J]. *Journal of Management Studies*, 41(2): 335-361.

Evolution of Digital Innovation Ecosystem from the Perspective of Ecological Flow : An Exploratory Research in Artificial Intelligence Industry

Yang Wei¹, Liu Jian²

(1 Hangzhou Dianzi University, Management School, Hangzhou 310018, Zhejiang, China; 2 University of Twente, School of Behavioral, Management and Social Sciences, Enschede 7500 AE, Netherland)

Abstract: Building a digital innovation ecosystem is an important way for enterprises gaining competitive advantage in the digital economy era. It is necessary to understand evolution patterns of digital innovation ecosystem. Ecological flows of innovation ecosystem were divided into economy flow, technology flow and relationship flow. 12 listed companies in artificial intelligence industry was studies to investigate the digital innovation ecosystem through using the qualitative text analysis and exploratory data analysis methods. Two types of evolution patterns were identified, including the economic flow dominant evolution pattern of the hub-based digital innovation ecosystem, and the ecological flow transition evolution pattern of the platform-based digital innovation ecosystem. A new analysis framework is put forward to study the evolution of digital innovation ecosystem, and it also provides implication for enterprises' ecological strategy practice.

Keywords: digital innovation; innovation ecosystem; ecological flow; hub-based; platform-based